

АГРОИНЖЕНЕРИЯ / AGRICULTURAL ENGINEERING

УДК 631.171(470.4/5)

doi: 10.15507/2658-4123.032.202203.338-354

Научная статья



Оценка уровня технологической оснащённости предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса в Приволжском федеральном округе

В. А. Комаров ✉, **М. И. Курашкин**
*Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет
(г. Саранск, Российская Федерация)*

✉ komarov.v.a2010@mail.ru

Аннотация

Введение. Уровень технологической оснащённости и качество расстановки оборудования на участках предприятий технического сервиса оказывает значительное влияние на величину площадей производственных участков и эффективность путей перемещения объектов технического сервиса. Цель работы – оценить фактический уровень оснащённости и качество расстановки технологического оборудования на конкретных производственных участках предприятий.

Материалы и методы. Качество расстановки оборудования на предприятиях определяется на основании сравнения фактического и нормативного значений коэффициента, учитывающего рабочие места, проезды и проходы на конкретных производственных участках. В процессе исследования предложен метод определения уровня технологической оснащённости участков на основании физического износа технологического оборудования и коэффициента плотности расстановки.

Результаты исследования. На 80 % участков не соблюдаются основные нормы технологического проектирования. Фактическое значение коэффициента плотности расстановки оборудования на конкретных участках составляет 1,1–42,8. При этом среднее значение коэффициента составило 12,5 для предприятий с парком менее 25 тракторов, 10,2 для предприятий с парком от 25 до 50 тракторов и 8,6 для предприятий с парком более 50 тракторов. Доля участков с высокой плотностью расстановки оборудования составила 13,3 %, со средней 40,0 % и с низкой 46,7 %. Коэффициенты, наиболее близкие к нормативным значениям, выявлены на участках ремонта гидравлической системы и масляной аппаратуры, полимерном и окраски и сушки. А на таких основных участках, как слесарно-механический, кузнечный, сварочно-наплавочный и др., значения коэффициента плотности расстановки оборудования отличаются от нормативных значений в несколько раз.

Обсуждение и заключение. Проведенные исследования показали низкий уровень технологической оснащённости большинства производственных участков предприятий в Приволжском федеральном округе. Результаты исследования позволяют в будущем оптимизировать величины площадей производственных участков и обеспечить эффективность путей перемещения техники внутри корпусов.

© Комаров В. А., Курашкин М. И., 2022



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Ключевые слова: технический сервис, предприятие, производственный участок, технологическая оснащённость, расстановка оборудования


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Комаров В. А., Курашкин М. И. Оценка уровня технологической оснащённости предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса в Приволжском федеральном округе // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 3. С. 338–354. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.032.202203.338-354>

Original article

Assessing the Equipment Level of Technical Service Enterprises in the Agricultural Sector of the Volga Federal District

V. A. Komarov , M. I. Kurashkin
National Research Mordovia State University
(Saransk, Russian Federation)

 komarov.v.a2010@mail.ru

Abstract

Introduction. The level of technological equipment and quality of equipment placement at the technical service enterprises have a significant impact on the size of work areas and the efficiency of travel paths for moving items of agricultural machinery under repair. The purpose of research is to assess the actual equipment level and the quality of equipment placement at the specific work areas of technical service enterprises.

Material and Methods. The quality of the equipment placement at technical service enterprises is determined by comparing the actual and standard values of the coefficient that takes into account the size of work areas and travel paths for moving items of agricultural machinery under repair in particular work areas. There has been proposed a method for determining the level of equipment on the basis of the equipment deterioration and the coefficient of the equipment placement density.

Results. Eighty percent of the work areas do not comply with the basic standards of technological design. The actual value of the equipment placement density coefficient at the work areas under research was 1.1–42.8. The average value of the coefficient was 12.5 for enterprises with a fleet of less than 25 tractors, 10.2 for enterprises with a fleet of 25 to 50 tractors and 8.6 for enterprises with a fleet of more than 50 tractors. The share of the work areas with high density of equipment placement was 13.3%, with average density 40.0% and with low density 46.7%. The coefficients closest to the standard values were found in the work areas for repairing the hydraulic systems and oil equipment, restoring machinery parts with polymer composites, and for painting and drying. The values of the coefficient of equipment placement density at such basic work areas as for bench-working and assembling, forging works, welding, fusing, and etc. in some times differ from the standard values.

Discussion and Conclusion. The conducted research showed that most of work areas of technical service enterprises in the Volga Federal District have a low level of equipment. The results of the study will allow optimizing the size of the work areas and ensuring the efficiency of travel paths for moving items of agricultural machinery under repair within the buildings.

Keywords: technical service, enterprise, work area, equipment, equipment placement

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Komarov V.A., Kurashkin M.I. Assessing the Equipment Level of Technical Service Enterprises in the Agricultural Sector of the Volga Federal District. *Engineering Technologies and Systems*. 2022;32(3):338–354. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.032.202203.338-354>

Введение

В настоящее время одной из важнейших задач технического сервиса является оказание услуг высокого качества при минимальной себестоимости. Так как планировка производственного корпуса и схема расстановки оборудования влияют на выполнение технологических процессов, а следовательно и качество услуг, то необходимо оптимальное размещение на производственной площади участка или корпуса [1–3].

Уровень технической вооруженности предприятия определяет пути формирования планировочных решений. При разработке компоновки предприятия особенно важно учитывать строительные нормы, правила пожарной безопасности и др.¹ Эффективность планировки зависит от методов проведения технологических процессов; количества производственных участков; оборудования; токсичности и взрывопожароопасности производственных процессов.

На основании решения проблемы по расстановке оборудования можно определить оптимальные производственные маршруты, обеспечивающие равномерность загрузки оборудования, и рациональную схему грузопотоков, исключая оборотные и перекрещивающиеся транспортные потоки между участками. Определяющим фактором

рационального размещения оборудования для повышения технологической оснащенности предприятий является коэффициент плотности расстановки оборудования K_n , учитывающий рабочие места, проезды, проходы и другие строительные нормы расстановки.

Цель исследования – определить фактический уровень оснащенности и качества расстановки технологического оборудования на конкретных производственных участках предприятия.

Обзор литературы

Разработка компоновок корпусов предприятий основывается на следующих факторах: рациональная последовательность технологических операций; сокращение путей перемещения машин и узлов; эффективная организация производственного процесса и доступ к оборудованию² [4; 5]. Планировки корпусов состоят из планов участков с основным производственным и вспомогательным назначением³. Они необходимы для качественного функционирования производственного процесса, расстановки оборудования, лабораторий контроля, складов и т. д. Планировочные решения должны обеспечивать оптимальные расстояния между оборудованием на всех участках. При этом расчетная площадь участков должна соответствовать рациональному размещению оборудования [6–8].

¹ ГОСТ Р 56639-2015. Технологическое проектирование промышленных предприятий. М. : Стандартинформ, 2019 ; СП 56.13330.2011. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200085105> (дата обращения: 02.11.2021) ; ПОТ Р О-14000-001-98. Правила по охране труда на предприятиях и в организациях машиностроения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034035> (дата обращения: 02.11.2021).

² ОНТП 02-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования авторемонтных предприятий [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/6/6674/index.htm> (дата обращения: 02.11.2021).

³ ОНТП 16-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования термических участков, цехов, производств предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293758/4293758877.htm> (дата обращения: 02.11.2021) ; ОНТП 14-93. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293846/4293846736.htm> (дата обращения: 02.11.2021).

Создание планировочных решений по рабочим местам и технологическому оборудованию на передовых предприятиях производится на основе систем Open Cascade и CAD, состоящих из проектировочных модулей зданий, размеров и геометрических фигур [9–11]. Разработанные при этом компоновки производственных корпусов основаны на построении различных вариантов оптимальных схем грузопотоков или на координатах расположения технологического оборудования [12; 13].

В зависимости от масштабов производства используют два различных способа расстановки оборудования⁴. При крупносерийном и массовом производстве оборудование располагается по ходу технологического процесса. Перемещение техники осуществляется по прямолинейной, Г- и П-образной схемам, если длина производственной линии превышает длину участка [2; 4; 5]. При этом оборудование устанавливается в виде производственной линии, учитывая санитарно-технические нормы. Схема расстановки оборудования определяется последовательностью технологических операций. Данный способ расстановки оборудования позволяет минимизировать площади производственных участков. Схема грузопотоков для участков и рабочих мест при этом не рассматривается [14–16].

Для условий единичного и серийного производства (предприятия технического сервиса) оборудование располагается групповым методом по видам оборудования⁵ [3; 14]. Рассматриваемый способ расстановки оборудования позволяет оптимизировать схему грузопотоков для каждого производственного участка и корпуса в целом.

Минимизация площадей участков в данном случае осуществляется, во-первых, путем расстановки оборудования в несколько рядов, во-вторых, с использованием различных видов расстановки по отношению к проходам и проездам⁶ [9; 12].

На предприятиях от 10 до 60 % производственных затрат на создание конечного продукта связано с качеством организации материального потока [17; 18]. При этом за критерий оценки выбора оптимального компоновочного плана расстановки оборудования может быть принят минимум мощности материального потока или схемы грузопотоков. Оптимальная схема размещения оборудования на производственных участках позволяет сократить число используемых транспортных средств, простой оборудования и энергетические затраты, а также улучшить управление производственным процессом.

Площади участков для основного и вспомогательного производства определяются различными способами. Наиболее распространенными являются следующие: 1) по удельным площадям, приходящимся на одну единицу оборудования (производственного рабочего, рабочее место, приведенный капитальный ремонт и т. п.)⁷; 2) по фактической площади пола, занимаемой оборудованием, инвентарем и техникой, с учетом проездов, проходов и других строительных норм расстояний⁸. На основании существующих исследований наиболее точным является второй способ определения площадей участков предприятий [7; 15; 19].

Вторым способом площадь участка рассчитывается по суммарной площади $F_{об}$, занимаемой оборудованием,

⁴ Там же.

⁵ Там же.

⁶ ГОСТ Р 56639-2015.

⁷ Там же ; ОНТП 16-86 ; ОНТП 14-93.

⁸ СП 56.13330.2011 ; ПОТ Р О-14000-001-98 ; ОНТП 02-86.

машино-местами и инвентарем на участке, и нормированной величине K_n (табл. 1) по формуле $F = F_{об} \cdot K_n$.

Расстановка оборудования на участках и рабочих местах должна обеспечивать осуществление технологических процессов с использованием оптимальных рабочих приемов и производственных режимов.

Оборудование на участках располагается в соответствии с разработанными схемами грузопотоков в корпусе

и нормами технологического проектирования⁹. Так расстояние от оборудования до стен и колонн корпуса определяется в зависимости от его габаритных размеров. При этом нормы расстояний между единицами оборудования устанавливаются с учетом конкретных производственных условий с целью обеспечения безопасности жизнедеятельности при осуществлении технологических операций и обслуживании оборудования¹⁰.

Т а б л и ц а 1
T a b l e 1

Коэффициент K_n для расчета площадей основных подразделений предприятий технического сервиса¹¹
Coefficient K_n for calculating the size of main work areas of service enterprises

Наименование производственного подразделения / Work area for	Нормируемый диапазон изменения коэффициента K_n / Normalized range of changes in coefficient K_n
Наружной очистки / External cleaning	3,0–3,5
Разборочно-сборочное, моечное и дефектовочное / Disassembling and assembling, washing and inspecting for defects	3,5–4,5
Ремонта узлов и систем двигателей / Repairing engine components and systems	3,5–4,0
Обкатки и испытания двигателей / Breaking in and testing engines	4,5–6,0
Слесарно-механическое / Fitting and mechanical work	4,0–5,0
Кузнечное / Forging	5,5–6,5
Медницкое / Copper works	3,5–4,0
Сварочно-наплавочное / Welding and fusing	5,5–6,5
Вулканизационное / Vulcanizing	4,0–5,0
Ремонта электрооборудования / Repairing electrical equipment	3,5–4,0
Ремонта топливной аппаратуры / Repairing fuel equipment	3,5–4,0
Ремонта и регулировки сельскохозяйственных машин и оборудования животноводческих ферм / Repairing and adjustment of agricultural machinery and equipment for livestock farms	5,0–6,0
Ремонта гидравлической системы и масляной аппаратуры / Repairing hydraulic system and oil system apparatuses	3,5–4,0
Окраски и сушки / Painting and drying	3,5–4,5
Полимерное / Restoring machinery parts with polymer composites	3,5–4,5
Инструментально-раздаточная кладовая / Toolshed	4,0–4,5

⁹ ОНТП 02-86 ; ОНТП 16-86 ; ОНТП 14-93.

¹⁰ ГОСТ Р 56639-2015 ; СП 56.13330.2011 ; ПОТ Р О-14000-001-98.

¹¹ ОНТП 02-86.

При обслуживании оборудования подъемно-транспортными механизмами его расстановка (расстояние от строительных элементов) определяется с учетом исключения «мертвых» зон. При установке оборудования на индивидуальном фундаменте нормы расстояний оборудования от строительных элементов стен принимаются с учетом формы и размеров фундаментов соседнего оборудования¹².

Материалы и методы

Площадь предприятий делится на основную и вспомогательную. Основная площадь отводится под производственные участки и включает площадь для размещения рабочих мест, технологического оборудования, приспособлений, подъемно-транспортных механизмов, техники, агрегатов и узлов машин, рабочих мест, проходов и проездов. Площадь вспомогательная отводится под подразделения инженерно-технические, санитарные, бытовые, складские и др.

Нормы расстояний между единицами оборудования и от оборудования до различных видов строительных конструкций и элементов корпусов, расстояние между рядами, а также ширину проходов, цеховых и магистральных проездов с наличием механизированного верхнего и напольного транспорта принимают с учетом общероссийских норм технологического проектирования¹³.

В специальной литературе основные площади производственных участков определяются четырьмя способами¹⁴ [15]. Способ, основанный на определении площади пола, занимаемой технологическим оборудованием, техникой, узлами и агрегатами машин, является наиболее точным и наименее трудоемким. Он, кроме того, учитывает затраты площади на рабочие места,

проходы, проезды и различные строительные нормы расстояний на каждом производственном участке (применяется коэффициент плотности расстановки оборудования K_n). Отсюда площадь участков $F_{\text{уч}}$ определим по формулам:

а) для участков, на которых машины занимают отдельные площади:

$$F_{\text{уч}_n} = \left(\sum_{i=1}^m F_{M_i} \cdot N_i + \sum_{j=1}^l F_{\text{Об}_j} \cdot N_j \right) \cdot K_n; \quad (1)$$

б) для участков, на которых объекты технического сервиса размещены на оборудовании (при этом их габаритные размеры не превышают габаритных размеров станков и стенов):

$$F_{\text{уч}_n} = \left(\sum_{j=1}^l F_{\text{Об}_j} \cdot N_j \right) \cdot K_n, \quad (2)$$

где F_{M_i} – площадь пола, занятая i -й техникой на производственном участке, м²; N_i – число i -й техники, размещенной на производственном участке, ед.; $F_{\text{Об}_j}$ – площадь пола, занятая j -м технологическим оборудованием, м²; N_j – число j -го технологического оборудования, размещенного на производственном участке, ед.; K_n – коэффициент плотности расстановки оборудования для n -го производственного участка (табл. 1).

С целью определения окончательной площади участка учитывается только техника, располагающаяся на отдельных площадях в модернизируемом подразделении. При этом учитываются крайние положения перемещающихся узлов оборудования, а также наиболее крупногабаритная техника и ее агрегаты¹⁵ [20].

Для оценки уровня технической вооруженности предприятий необходимо

¹² СП 56.13330.2011 ; ОНТП 02-86 ; ОНТП 14-93.

¹³ ГОСТ Р 56639-2015 ; ОНТП 02-86 ; ОНТП 14-93.

¹⁴ ОНТП 02-86.

¹⁵ ОНТП 16-86.

определить плотность расстановки оборудования на отдельных участках и в корпусе в целом. В процессе исследований выявлено, что для решения поставленной задачи достаточно достоверным в данном случае может быть определение фактических значений коэффициента K_n , учитывающего рабочие места, проезды и проходы [7; 21–23]. При уменьшении значения коэффициента K_n плотность расстановки оборудования увеличивается, а следовательно, растет уровень технической вооруженности. Преобразуя формулы (1) и (2), получим выражения (3) и (4) для определения фактических значений коэффициента K_n :

$$K_n = \frac{F_{yч_n}}{\sum_{i=1}^m F_{M_i} \cdot N_i + \sum_{j=1}^l F_{Об_j} \cdot N_j}; \quad (3)$$

$$K_n = \frac{F_{yч_n}}{\sum_{j=1}^l F_{Об_j} \cdot N_j}. \quad (4)$$

Результаты исследования

На данном этапе исследований проанализированы основные участки ремонтно-обслуживающих баз (РОБ) в АПК Приволжского федерального округа аграрных холдингов,

сельскохозяйственных производственных кооперативов и фермерских хозяйств, у которых вспомогательной производственной деятельностью является категория «Услуги по монтажу, ремонту и техобслуживанию машин для сельского хозяйства» [24–28].

Внешний вид участков, в наибольшей степени отвечающих положениям и правилам нормативно-технической документации, описан в ряде работ [2; 24; 25]. Общая характеристика рассматриваемых РОБ представлена в таблице 2. Как видно из таблицы 2, общая площадь РОБ и площадь основного корпуса растут с увеличением общего парка тракторов. Причем у одной и той же категории предприятия она отличается более чем в 2 раза, а у небольших РОБ, с количеством обслуживаемых тракторов менее 25 ед., общая площадь РОБ отличается более чем в 10 раз.

Интервал изменения фактических значений K_n , учитывающего рабочие места, проезды и проходы для предприятий АПК, представлен в таблице 3.

Данные исследований показали, что диапазон изменения фактического значения коэффициента K_n практически не зависит от масштаба предприятия. Однако его значения отличаются почти в 40 раз и имеют значения как намного ниже нормативных значений коэффициента K_n , так и значительно их превышающие.

Таблица 2

Table 2

Общая характеристика исследуемых предприятий технического сервиса
General characteristics of the studied technical service enterprises

Предприятия технического сервиса с парком тракторов в хозяйствах, шт. / Technical service enterprises with a fleet of tractors in farms, pcs	Количество обследованных хозяйств, шт. / Number of surveyed farms, pcs	Общая площадь предприятий технического сервиса, м ² / Total area of technical service enterprises, m ²	Площадь основного производственного корпуса, м ² / The area of the main production building, m ²
менее 25 / less than 25	69	9 970–117 126	288–648
от 25 до 50 / from 25 to 50	27	105 147–222 274	432–1 008
от 50 до 75 / from 50 to 75	11	213 538–361 350	864–2 160

Показатели коэффициента K_n в зависимости от парка тракторов в хозяйствах
 K_n coefficient indicators depending on the fleet of tractors in farms

Предприятия технического сервиса с парком тракторов в хозяйствах, шт. / Technical service enterprises with a fleet of tractors in farms, pcs	Фактическое значение коэффициента K_n для расчета площадей основных подразделений / The actual value of the coefficient K_n for calculating the areas of the main divisions		
	минимальное / minimal	среднее / middle	максимальное / maximum
менее 25 / less than 25	1,1	12,5	42,8
от 25 до 50 / from 25 to 50	1,6	10,2	41,7
от 50 до 75 / from 50 to 75	2,1	8,6	40,0

Это свидетельствует, с одной стороны, о плотности расстановки оборудования выше нормативной на части предприятий, а с другой стороны, о низкой технологической оснащенности и неэффективном использовании производственных площадей РОБ на ряде предприятий. Фактические значения коэффициента K_n , учитывающего рабочие места, проезды и проходы для различных участков рассматриваемых предприятий, представлены в таблице 4 и на рисунках 1–3.

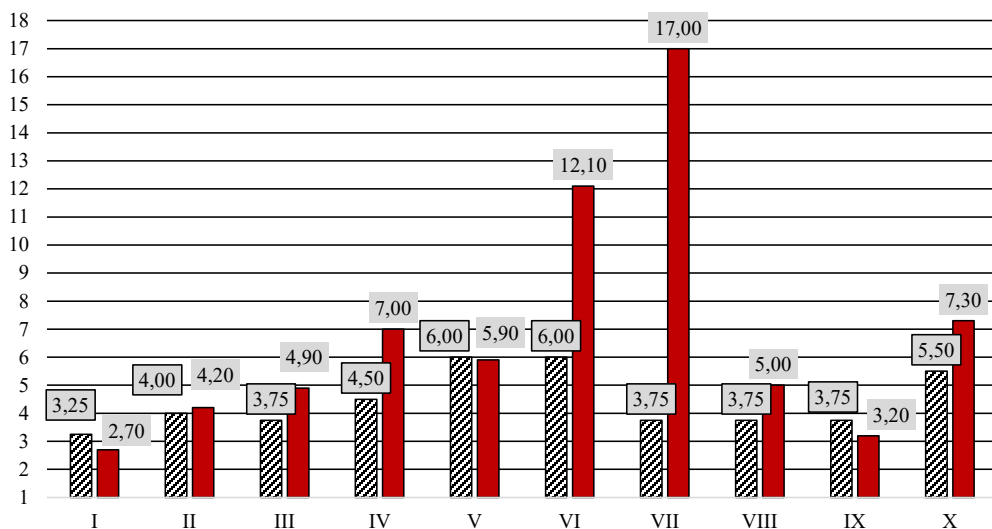
Как видно из таблицы 4 и рисунка 3, фактические значения коэффициента K_n у большинства участков имеют большой интервал изменения (от 2,5 до 36 раз). Это свидетельствует, с одной стороны, о плотности расстановки оборудования выше нормативной на части участков предприятий, а с другой – о низкой технологической оснащенности и неэффективном использовании производственных площадей участков на ряде предприятий. Внешний вид производственных участков показан на рисунках 4 и 5.

Показатели коэффициента K_n для участков предприятий технического сервиса
 K_n ratios for work areas of technical service enterprises

Наименование подразделения / Work area for	Фактическое значение коэффициента K_n / Actual value of the coefficient K_n		
	минимальное / minimal	среднее / middle	максимальное / maximum
1	2	3	4
Наружной очистки / External cleaning	1,1	2,7	14,5
Разборочно-сборочное, моечное и дефектовочное / Disassembling and assembling, washing and inspecting for defects	1,4	4,2	12,7
Ремонта узлов и систем двигателей / Repairing engine components and systems	2,6	4,9	9,8
Обкатки и испытания двигателей / Breaking and testing engines	3,2	5,2	7,4
Слесарно-механическое / Fitting and mechanical work	1,5	7,0	23,3
Кузнечное / Forging	1,7	5,9	26,0

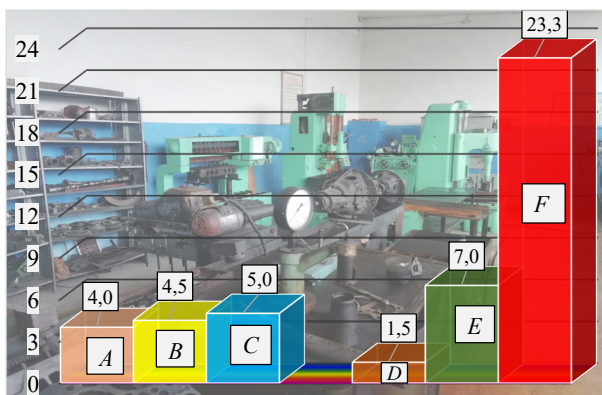
Окончание таблицы 4 / End of table 4

1	2	3	4
Медницкое / Copper works	6,7	9,5	13,5
Сварочно-наплавочное / Welding and fusing	1,2	12,1	42,8
Вулканизационное / Vulcanizing	2,9	11,2	37,9
Ремонта топливной аппаратуры / Repairing fuel equipment	6,0	17,0	40,0
Ремонта электрооборудования / Repairing electrical equipment	1,3	5,0	13,9
Ремонта гидравлической системы и масляной аппаратуры / Repairing hydraulic system and oil system apparatuses	2,3	3,2	4,1
Ремонта и регулировки сельскохозяйственных машин и оборудования / Repairing and adjustment of agricultural machinery and equipment	1,3	7,3	15,4
Окраски и сушки / Painting and drying	3,1	3,9	5,2
Полимерное / Restoring machinery parts with polymer composites	2,8	3,8	4,9
Инструментально-раздаточная кладовая / Toolshed	1,6	4,6	5,8



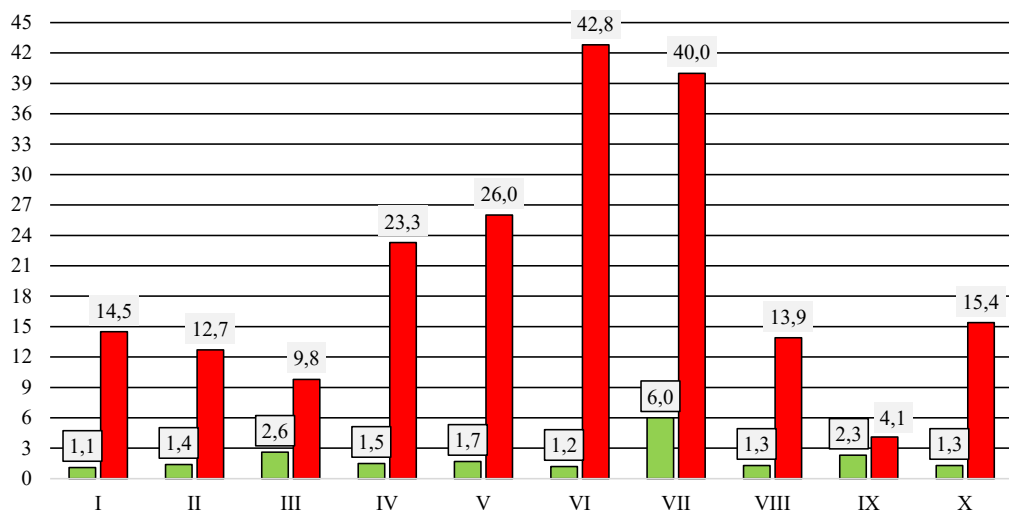
Р и с. 1. Средние нормативные (▨) и фактические (■) значения коэффициента K_n подразделений:
 I – наружной очистки; II – разборочно-сборочное, моечное и дефектовочное;
 III – ремонта узлов и систем двигателей; IV – слесарно-механическое; V – кузнечное;
 VI – сварочно-наплавочное; VII – ремонта топливной аппаратуры;
 VIII – ремонта электрооборудования; IX – ремонта гидравлической системы и масляной аппаратуры;
 X – ремонта и регулировки сельскохозяйственных машин и оборудования

Fig. 1. Average standards (▨) and actual (■) values of K_n coefficient for work areas:
 I – external cleaning; II – disassembling and assembling, washing and inspecting for defects;
 III – repairing engine components and systems; IV – fitting and mechanical work; V – forging;
 VI – welding and fusing; VII – repairing fuel equipment; VIII – repairing electrical equipment;
 IX – repairing hydraulic system and oil system apparatuses; X – repairing and adjustment of agricultural
 machinery and equipment



Р и с. 2. Показатели значения коэффициента K_n на слесарно-механическом участке:
 A – нормативное минимальное значение коэффициента K_n ; B – нормативное среднее значение коэффициента K_n ; C – нормативное максимальное значение коэффициента K_n ;
 D – фактическое минимальное значение коэффициента K_n ; E – фактическое среднее значение коэффициента K_n ; F – фактическое максимальное значение коэффициента K_n

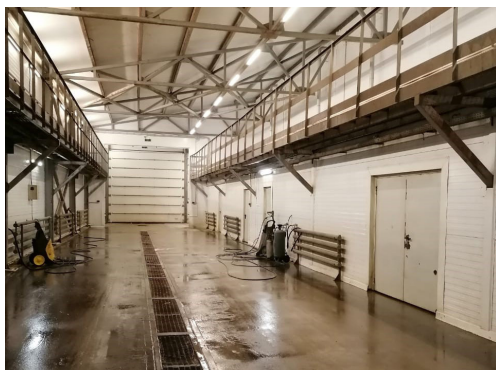
F i g. 2. The values of K_n coefficient at the tool and bench work area: A – normative minimum value of K_n coefficient; B – normative average value of K_n coefficient; C – normative maximum value of K_n coefficient; D – actual minimum value of K_n coefficient; E – actual average value of K_n coefficient; F – actual maximum value of K_n coefficient



Р и с. 3. Минимальные (■) и максимальные (■) фактические значения коэффициента K_n для различных участков предприятий технического сервиса:

I – наружной очистки; II – разборочно-сборочное, моечное и дефектовочное;
 III – ремонта узлов и систем двигателей; IV – слесарно-механическое; V – кузнечное;
 VI – сварочно-наплавочное; VII – ремонта топливной аппаратуры;
 VIII – ремонта электрооборудования; IX – ремонта гидравлической системы и масляной аппаратуры; X – ремонта и регулировки сельскохозяйственных машин и оборудования

F i g. 3. Minimum (■) and maximum (■) actual values of K_n coefficient for various work areas of technical service enterprises: I – external cleaning; II – disassembling and assembling, washing and inspecting for defects; III – repairing engine components and systems; IV – fitting and mechanical work; V – forging; VI – welding and fusing; VII – repairing fuel equipment; VIII – repairing electrical equipment; IX – repairing hydraulic system and oil system apparatuses; X – repairing and adjustment of agricultural machinery and equipment



a)



b)

Р и с. 4. Внешний вид современных производственных участков:
 а) наружной очистки и мойки ЗАО «Мордовский Бекон»;
 б) ремонта гидравлических систем птицефабрики «Чамзинская»

F i g. 4. Appearance of modern work areas for: a) external cleaning and washing (ZAO Mordovsky Bekon); b) repairing hydraulic systems (egg and pullet factory Chamzinskaya)



a)



b)

Р и с. 5. Внешний вид производственных участков с устаревшим оборудованием:
 а) слесарно-механического ЗАО «Мордовский Бекон»;
 б) сварочно-наплавочного ЗАО «Мордовский Бекон»

F i g. 5. Appearance of work areas with outdated equipment for:
 a) fitting and mechanical work (ZAO Mordovsky Bekon); b) welding and fusing (ZAO Mordovsky Bekon)

На основании сравнения нормативного и фактического значений коэффициента K_p для рассматриваемых предприятий проведено разграничение участков по характеру плотности расстановки оборудования. Они показывают, что около половины (46,7 %) производственных участков имеют низкую плотность расстановки оборудования (ниже нормативного значения). Примерно 40,0 % имеют плотность расстановки оборудования в пределах нормативных

значений. И у 13,3 % производственных участков плотность расстановки оборудования выше нормативных показателей.

Исследование конкретных предприятий технического сервиса показало наличие как современных производственных участков (рис. 4), так и использование в большинстве из них морально и физически устаревшего технологического оборудования (рис. 5) и низкий уровень оснащенности

3. Куцелап К. А. Методика определения оптимального способа размещения оборудования на производственной площадке с целью минимизации транспортных издержек // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2019. № 3. С. 27–33. URL: http://oreluniver.ru/public/file/archive/Annotatsiya_ZHurnal_3.pdf (дата обращения: 29.11.2021).

4. Забудский Г. Г., Амзин И. В. Алгоритм компактного размещения технологического оборудования на параллельных линиях // *Сибирский журнал индустриальной математики*. 2013. Т. 16, № 3. С. 86–94. URL: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=sjim&paperid=794&option_lang=rus (дата обращения: 29.11.2021).

5. Соколова Я. В. Методика размещения оборудования на производственных участках машиностроительных производств методом «муравьиных колоний» // *Технология машиностроения*. 2013. № 4. С. 65–68. URL: http://www.ic-tm.ru/info/4_20 (дата обращения: 29.11.2021).

6. Thurer M., Silva C., Stevenson M. Workload Control Release Mechanisms: from Practice Back to Theory Building // *International Journal of Production Research*. 2010. Vol. 48, Issue 12. P. 3593–3617. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540902922810>

7. Achuth Kumar N. V., Asadi S. S. Assesment on Factors Declining Labour Productivity in Construction Projects // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8, Issue 1. P. 340–348.

8. Mohamed A. N. Knowledge Based Approach for Productivity Adjusted Construction Schedule // *Expert Systems with Applications*. 2001. Vol. 21, Issue 2. P. 87–97. doi: [https://doi.org/10.1016/S0957-4174\(01\)00029-X](https://doi.org/10.1016/S0957-4174(01)00029-X)

9. Вороненко В. П., Соколова Я. В. Алгоритм проектирования технологических планировок предметно-замкнутых участков механообрабатывающих цехов серийного производства // *Вестник МГТУ «СТАНКИН»*. 2012. № 1. С. 11–14. URL: <http://stankin-journal.ru/ru/articles/493> (дата обращения: 29.11.2021).

10. Чигиринский Ю. Л. Возможность математического решения задачи проектирования планировок производственных помещений // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2008. Вып. 4, № 9. С. 50–53. URL: <http://www.vstu.ru/uploadiblok/files/izvestiya/archive/7/2008-09.pdf> (дата обращения: 29.11.2021).

11. Юров А. Н. Проектирование автоматизированной системы производственных планировок // *Моделирование систем и процессов*. 2019. Т. 12, № 1. С. 87–93. doi: https://doi.org/10.12737/article_5d639c813abc9.89415758

12. Тимофеева Е. В., Тимофеев М. В., Лебедев В. С. Автоматизация размещения оборудования на участке серийного производства с использованием эвристических методов // *Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева*. 2014. № 3. С. 115–120.

13. Балалаев А. Н., Паренюк М. А. Оценка эффективности размещения оборудования на предприятиях вагонного хозяйства // *Наука и образование транспорту*. 2016. № 1. С. 17–20.

14. Аносова А. И., Бураев М. К. К выбору показателей технологического уровня предприятий технического сервиса машин в АПК // *Вестник ИрГЦХА*. 2014. № 63. С. 85–91. URL: <http://vestnik.irsau.ru/files/v63.pdf> (дата обращения: 08.10.2021).

15. Rokni S., Fayek A. R. A Multi-Criteria Optimization Framework for Industrial Shop Scheduling Using Fuzzy Set Theory // *Integrated Computer-Aided Engineering*. 2010. Vol. 17, Issue 3. P. 175–196. doi: <https://doi.org/10.3233/ICA-2010-0344>

16. Khadiev K., Makarychev K., Belov V. On Analysis of Input Data for Jobs Shop Scheduling Problem with Respect to Workers Productivity // *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016. Vol. 8, Issue 3. P. 15133–15137. URL: <http://www.ijptonline.com/wp-content/uploads/2016/10/15133-15137.pdf> (дата обращения: 29.11.2021).

17. Горский С. С. Повышение эффективности транспортных систем путем оптимизации материальных потоков на производственных участках механосборочного производства // *Известия МГТУ «МАМИ»*. 2009. № 2. С. 195–201. URL: [https://old.mospolytech.ru/pages/files/sc_journal_2\(8\)_2009.pdf](https://old.mospolytech.ru/pages/files/sc_journal_2(8)_2009.pdf) (дата обращения: 31.03.2021).

18. Методика разработки системы средств технологического оснащения для сервисных предприятий / И. Н. Кравченко [и др.] // Техника и оборудование для села. 2019. № 4. С. 39–43. doi: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-4-39-43>

19. Вороненко В. П., Куцелап К. А., Седых М. И. Синтез оптимального планировочного решения для производственных участков многономенклатурного производства при использовании альтернативных технологических процессов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2020. № 4. С. 23–27. URL: <http://stankin-journal.ru/ru/articles/2326> (дата обращения: 15.03.2021).

20. Ломакин Д. О. Комплексный подход к оценке технической и технологической оснащённости автосервисных предприятий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 4-1. С. 194–197. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/7556/view> (дата обращения: 08.10.2021).

21. Иванов В. П., Вигерина Т. В. Повышение качества проектов ремонтно-обслуживающих предприятий с использованием композиционных центров // Технический сервис машин. 2021. № 1. С. 115–123. doi: <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2021-59-1-115-123>

22. Иванов В. П. Композиционные центры в компоновках производственных корпусов автотранспортных предприятий // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2021. № 3. С. 28–32. URL: <https://journals.psu.by/index.php/industry/article/view/868/770> (дата обращения: 25.03.2022).

23. Иванов В. П., Вигерина Т. В., Веремей Г. А. Новые планировочные решения производственных участков автотранспортных предприятий // Технический сервис машин. 2022. № 1. С. 11–22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48111259> (дата обращения: 25.03.2022).

24. Комаров В. А. Исследование предприятий технического сервиса для обеспечения показателей надёжности машин (на примере агропромышленного комплекса Республики Мордовия) // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28, № 2. С. 222–238. doi: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201802.222-238>

25. Комаров В. А., Салмин В. В., Курашкин М. И. Исследование генеральных планов предприятий технического сервиса в агропромышленном комплексе // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29, № 4. С. 560–577. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201904.560-577>

26. Комаров В. А., Нуязин Е. А., Курашкин М. И. Исследование процесса постановки на хранение комбайновой и самоходной техники в региональном агропромышленном комплексе // Техника и оборудование для села. 2019. № 5. С. 32–36. doi: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-5-32-36>

27. Комаров В. А., Нуязин Е. А., Курашкин М. И. Хранение сложной сельскохозяйственной техники в Мордовии // Сельский механизатор. 2019. № 9. С. 38–40. URL: <http://selmech.msk.ru/919.html> (дата обращения: 29.11.2021).

28. Комаров В. А., Курашкин М. И. Исследование работоспособности зерноуборочных комбайнов в гарантийный период // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31, № 2. С. 188–206. doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.188-206>

Поступила 04.04.2022; одобрена после рецензирования 21.05.2022; принята к публикации 10.06.2022

Об авторах:

Комаров Владимир Александрович, профессор кафедры технического сервиса машин Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1910-2923>, Researcher ID: G-8673-2018, komarov.v.a2010@mail.ru

Курашкин Михаил Иванович, аспирант кафедры технического сервиса машин Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3473-8081>, Researcher ID: B-1295-2019, mishakurashkin@gmail.com.

Заявленный вклад авторов:

В. А. Комаров – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, подготовка начального варианта статьи.

М. И. Курашкин – проведение мониторинга ремонтно-обслуживающих баз, обработка результатов исследований, компьютерные работы и визуализация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Bondarenko V.N., Zhukov Ye.M. [Modeling of the Layout and Technological Solution of a Flexible Production System in Order to Optimize the Arrangement of the Main Technological Equipment]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2006;11(4):594–596. Available at: <http://journals.tsutmb.ru/a8/upload/2019-01/Бондаренко,%20Жуков.pdf> (accessed 31.03.2021). (In Russ.)

2. Voronenko V.P., Kutselap K.A., Shaldov A.E. Equipment Allocation on Production Site Using Flexible Models of Technological Production Routes for Manufacturing Parts. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii*. 2018;(8):11–15. (In Russ., abstract in Eng.) doi: https://doi.org/10.30987/article_5b536400cf58b7.82336964

3. Kutselap K.A. Technique of Definition of the Optimum Way of Placement of the Equipment on the Production Site for the Purpose of Minimization of Transport Expenses. *Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology*. 2019;(3):27–33. Available at: http://oreluniver.ru/public/file/archive/Annotatsiya_ZHurnal_3.pdf (accessed 29.11.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

4. Zabudskiy G.G., Amzin I.V. Algorithms of Compact Location for Technological Equipment on Parallel Lines. *Sibirskiy zhurnal industrialnoy matematiki*. 2013;16(3):86–94. Available at: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshw=paper&jrnid=sjim&paperid=794&option_lang=rus (accessed 29.11.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

5. Sokolova Ya.V. Methods of Equipment Placement at Manufacturing Divisions of Machine-Building Production by the Method of Ant Colonies. *Tekhnologiya mashinostroeniya*. 2013;(4):65–68. Available at: http://www.ic-tm.ru/info/4_20 (accessed 29.11.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

6. Thurer M., Silva C., Stevenson M. Workload Control Release Mechanisms: from Practice Back to Theory Building. *International Journal of Production Research*. 2010;48(12):3593–3617. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540902922810>

7. Achuth Kumar N.V., Asadi S.S. Assesement on Factors Declining Labour Productivity in Construction Projects. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017;8(1):340–348.

8. Mohamed A.N. Knowledge Based Approach for Productivity Adjusted Construction Schedule. *Expert Systems with Applications*. 2001;21(2):87–97. doi: [https://doi.org/10.1016/S0957-4174\(01\)00029-X](https://doi.org/10.1016/S0957-4174(01)00029-X)

9. Voronenko V.P., Sokolova Y.V. Algorithm for Design Layout in Object-Locked Areas in Machining Workshops with Serial Production. *Vestnik MSTU "STANKIN"*. 2012;(1):11–14. Available at: <http://stankin-journal.ru/ru/articles/493> (accessed 29.11.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

10. Chigirinskiy Yu.L. [Ability to Mathematically Solve the Problem of Designing the Layout of Production Facilities]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2008;4(9):50–53. Available at: <http://www.vstu.ru/uploadiblok/files/izvestiya/archive/7/2008-09.pdf> (accessed 29.11.2021). (In Russ.)

11. Yurov A.N. Designing an Automated System Production Planning. *Modeling of Systems and Processes*. 2019;12(1):87–93. doi: https://doi.org/10.12737/article_5d639c813abc9.89415758

12. Timofeeva Ye.V., Timofeev M.V., Lebedev V.S. [Automation of Equipment Placement on the Batch Production Area Using Heuristic Methods]. *Vestnik Rybinskoy gosudarstvennoy aviatsionnoy tekhnicheskoy akademii im. P. A. Soloveva*. 2014;(3):115–120. (In Russ.)
13. Balalaev A.N., Parenjuk M.A. [Evaluating the Efficiency of Equipment Placement at Wagon Facilities]. *Nauka i obrazovanie transportu*. 2016;(1):17–20. (In Russ.)
14. Anosova A.I., Buraev M.K. Choice of Technological Level Indicators of Technical Support Service Enterprise in Agroindustrial Complex. *Vestnik IrGSCHA*. 2014;(63):85–91. Available at: <http://vestnik.irsau.ru/files/v63.pdf> (accessed 08.10.2021). (In Russ.)
15. Rokni S., Fayek A.R. A Multi-Criteria Optimization Framework for Industrial Shop Scheduling Using Fuzzy Set Theory. *Integrated Computer-Aided Engineering*. 2010;17(3):175–196. doi: <https://doi.org/10.3233/ICA-2010-0344>
16. Khadiev K., Makarychev K., Belov V. On Analysis of Input Data for Jobs Shop Scheduling Problem with Respect to Workers Productivity. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016;8(3):15133–15137. Available at: <http://www.ijptonline.com/wp-content/uploads/2016/10/15133-15137.pdf> (accessed 29.11.2021).
17. Gorskiy S.S. Effectiveness Increase of Retrieval System by Optimization of Material Flows at the Production Area of Mechanical Assembly Production. *Izvestiya MGTU "MAMI"*. 2009;(2):195–201. Available at: [https://old.mospolytech.ru/pages/files/sc_journal_2\(8\)_2009.pdf](https://old.mospolytech.ru/pages/files/sc_journal_2(8)_2009.pdf) (accessed 31.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
18. Kravchenko I.N., Korneev V.M., Kolomeichenko V., et al. Method for Developing a System of Process Equipment for Maintenance Enterprises. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2019;(4):39–43. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-4-39-43>
19. Voronenko V.P., Kutselap K.A., Sedyh M.I. Synthesis of Optimal Planning Solution for Production Areas of Multi-Item Production Using Alternative Technological Processes. *Vestnik MSTU "STANKIN"*. 2020;(4):23–27. Available at: <http://stankin-journal.ru/ru/articles/2326> (accessed 31.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
20. Lomakin D.O. An Integrated Approach to the Assessment of Technical and Technological Equipment of Workshop. *Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice*. 2015;3(4-1):194–197. Available at: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/7556/view> (accessed 08.10.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
21. Ivanov V.P., Vigerina T.V. Improving the Quality of Projects of Repair Companies Using Composition Centers. *Machinery Technical Service*. 2021;(1):115–123. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2021-59-1-115-123>
22. Ivanov V.P. Composition Centers in Production Cases Layout Motor Transportation Companies. *Herald of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences*. 2021;(3):28–32. Available at: <https://journals.psu.by/index.php/industry/article/view/868/770> (accessed 25.03.2022). (In Russ., abstract in Eng.)
23. Ivanov V.P., Vigerina T.V., Veremey G.A. New Planning Solutions for Production Sites of Vehicle Enterprises. *Machinery Technical Service*. 2022;(1):11–22. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48111259> (accessed 25.03.2022). (In Russ., abstract in Eng.)
24. Komarov V.A. Research of Technical Service Enterprises for Promoting Equipment Reliability (Case Study of Agro-Industrial Complex of the Republic of Mordovia). *Mordovia University Bulletin*. 2018;28(2):222–238. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201802.222-238>
25. Komarov V.A., Salmin V.V., Kurashkin M.I. Study of Master Plans of Technical Service Enterprises in Agricultural Sector. *Engineering Technologies and Systems*. 2019;29(4):560–577. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201904.560-577>
26. Komarov V.A., Nuyanzin E.A., Kurashkin M.I. Study of the Process of Putting into Storage of Combine and Self-Propelled Machinery in the Regional Agribusiness. *Machinery and Equipment*

for Rural Area. 2019;(5):32–36. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-5-32-36>

27. Komarov V.A., Nuyanzin Ye.A., Kurashkin M.I. Storage of Complex Agricultural Machinery in Mordovia. *Selskiy Mechanizator*. 2019;(9):38–40. Available at: <http://selmech.msk.ru/919.html> (accessed 29.11.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

28. Komarov V.A., Kurashkin M.I. Studying the Normal Operation of Grain Harvesters within the Warranty Period. *Engineering Technologies and Systems*. 2021;31(2):188–206. (In Russ., abstract in Eng.) doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.031.202102.188-206>

Submitted 04.04.2022; approved after reviewing 21.05.2022; accepted for publication 10.06.2022

About the authors:

Vladimir A. Komarov, Professor of the Chair of Technical Service of Machines, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), Dr.Sci. (Engr.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1910-2923>, Researcher ID: G-8673-2018, komarov.v.a2010@mail.ru

Mikhail I. Kurashkin, Postgraduate Student of the Chair of Technical Service of Machines, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3473-8081>, Researcher ID: B-1295-2019, mishakurashkin@gmail.com

Contribution of the authors:

V. A. Komarov – scientific guidance, formulating the main directions of research, developing theoretical background, and preparing the article original version.

M. I. Kurashkin – monitoring technical service enterprises, processing research results, computing and visualizing.

All authors have read and approved the final manuscript.